Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 132- 144

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص. 144-132

# اثرفیلم بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر خصوصیات حسی، میکروبی و شیمیایی قزل‌آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در یخچال

زینب نوری هاشم آباد[1]- بهاره شعبانپور[2*]- حامد عزیزی[3]- سید مهدی اجاق[4]- علیرضا عالیشاهی[5]

تاریخ دریافت: 1395/08/04
تاریخ پذیرش: 1396/01/26

## چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر نانوکامپوزیت پلی‌اتیلن سبک حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در شرایط نگهداری در یخچال انجام پذیرفت. فیلم به روش مخلوط‌سازی مذاب تهیه شد. ماهی بسته‌بندی شده با ارزیابی‌های شیمیایی (پراکسید، تیوباربیوریتیک اسید، بازهای نیتروژنی فرار و pH ) میکروبی (باکتری‌های کل، سرمادوست، اسید لاکتیک و اینترو باکترها) و ارزیابی حسی (رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی) در فواصل زمانی هر 4 روز یکبار تا روز 20 نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل نمونه‌ها تغییرات معنی‌داری را در ویژگی‌های مختلف طی زمان نگهداری نشان دادند (p<0/05). مقادیر شاخص شیمیایی TBA در روز 20 نگهداری به mg 0/2MDA/kg برای نمونه شاهد رسید که در نمونه نانوکامپوزیتی مقدار آن 0/12 mg MDA/kg بود. طی دوره نگهداری میزان TVN و PV افزایش یافت و در پایان دوره نگهداری در تیمار بسته‌بندی شده میزان هر دو کمتر از تیمار شاهد بود (p<0/05). بیشترین مقدار pH 7/04 بود که در روز 20 نگهداری برای نمونه شاهد مشاهده شد و برای نمونه نانوکامپوزیتی به 6/31 رسید (p<0/05). مقادیر بار میکروبی کاهش قابل ملاحظه‌ای در تیمار بسته‌بندی شده در مقایسه با شاهد نشان داد و همچنین نمونه‌ها از نظرویژگی‌های حسی مطلوب و درتیمار شاهد تنها پس از گذشت 8 روز تغییرات غیرقابل قبولی را نشان دادند. بنابراین می‌توان عمر نگهداری ماهی قزل‌آلا را در بسته‌بندی نانوکامپوزیتی، 18-16 روز طی شرایط نگهداری در یخچال تعیین کرد.

**واژه‌های کلیدی:** بسته‌بندی نانو، پلی اتیلن سبک، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، ماندگاری، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

## مقدمه

فناوری نانو توسط کمیته ملی نانو آمریکا[6] به‌صورت بررسی و مطالعه ذرات در مقیاس یک تا 100 نانومتر تعریف شده است. نانوتکنولوژی در حوزه‌های مختلف از پزشکی، داروسازی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، ارتباطات، حمل ونقل، انرژی، محیط زیست و صنایع غذایی کاربرد دارد. استفاده از علوم نانو در صنایع غذایی، تولید، فرآوری و حفظ و نگهداری محصولات به شدت رو به گسترش است. بسته‌بندی مواد غذایی از عمده‌ترین کاربردهای نانو فناوری در صنایع غذایی است. استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل خواص ضدمیکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. دی‌اکسیدتیتانیوم نانوذره غیرسمی است که سازمان غذا و داروی آمریکا[7] استفاده از آن را در سطوح در تماس با مواد غذایی مورد تأیید قرار داده است. اثر ضدمیکروبی و ضدقارچی این نانوذره در مورد طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها برای مثال، *اشرشیاکلی*[8]، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*[9]، *انتروکوکوس فکالیس*[10]، *کلستریدیوم پرفریجنز*[11]، *سالمونلا انتریکا*[12]، *ویبریو پاراهمولیتیکوس*[13]، *لیستریامونوسیتوژنز*[14] و *پنسیلیوم اگسپنسوم*[1]

1، 2، 4 و 5- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار، گروه شیلات و فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.
3- استادیار، گروه مهندسی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: b_shabanpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i0.59856
6 National Nanotechnology Initiative (NNI)

7 FDA
8 *Escherichia coli*
9 *Lactobacillus helveticus*
10 *Enterococcus faecalis*
11 *Clostridium perfringens*
12 *Salmonella enterica*
13 *Vibrio parahaemolyticus*
14 *Listeria monocytogenes*

*اگسپنسوم*[1] گزارش شده است. فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به دلیل تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد که منجر به اکسید کردن غشای فسفولیپیدی میکروارگانیسم‌ها می‌گردد (Saito *et al*, 1999). علاوه بر این نانوذرات دی اکسید تیتانیوم منجر به کاهش اکسیداسیون از طریق ممانعت از فعالیت پرتوهای فرابنفش می‌گردند. در میان پلیمرهای مصنوعی پلی‌اتیلن سبک به دلیل ارزانی، انعطاف‌پذیر بودن، مقاوم بودن به حرارت و بخار آب و ... بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Del Nobile *et al*. 2009; Marsh and Bugusu, 2007). استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در پوشش‌های پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد این نانو ذره علاوه بر کاهش اکسیداسیون محتوی بسته می‌تواند در کاهش سیلکل بازیابی پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در طبیعت موثر باشد (Manangan *et al*, 2010). اثر نانوکامپوزیت‌های دی‌اکسید تیتانیوم بر میزان بازماندگی باکتری‌های *Rhodotorula mucilaginosa* و *Pseudomonas spp* در میوه گلابی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از کاهش میزا این دو باکتری بود (Bodaghi *et al*, 2013) مطالعات مختلف نشان داد که میزان مهاجرت نانوذرات از بسته‌بندی به ماده غذایی بسیار ناچیز می‌باشد (Bott *et al*, 2014; Azeredo, 2009; Lorens *et al*, 2011). نانوکامپوزیت‌های حاوی نانوذرات نقره و اکسیدروی در بسته‌بندی گوشت جوجه میزان مهاجرت بسیار ناچیزی ازخود نشان دادند (Panea *et al*, 2014). در مطالعه دیگری مهاجرت نانوتیتانیوم از بسته‌های پلی‌اتیلن به معرف‌های غذایی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد میزان مهاجرت نانوذره تیتانیوم به مواد غذایی جامد و مایع چندان قابل توجه نمی‌باشد (Lin *et al*, 2014). اثر نانوکامپوزیت‌های حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و نقره به‌لحاظ خواص ضدباکتریایی توسط Yu و همکاران (2011) مورد بررسی قرار گرفت. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با قرار گرفتن در معرض تابش امواج ماورابنفش بار الکتریکی مثبت و منفی ایجاد می‌نمایند و باعث تجزیه شدن ترکیبات آلی و تولید مواد بی‌اثر یا کم‌خطر از قبیل دی‌اکسید کربن و آب می‌گردند. این خاصیت با عنوان فوتوکاتالیت بیان می‌شود که از نقطه نظر تجزیه پلاستیک‌ها در طبیعت و جذب آلاینده‌های محیطی در اثر تابش امواج ماورابنفش نور خورشید بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Yu *et al*, 2003). نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به دلیل خاصیت ضدمیکروبی و ایفای نقش در کاهش اکسیداسیون و کاهش سیکل بازیابی پلی‌اتیلن، پلاستیک رایج مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌توانند در افزایش زمان ماندگاری محصولات نقش مؤثری ایفا کنند ضمن اینکه به تولید بسته‌بندی سازگار با محیط زیست نیز منجر می‌شوند. ماهی قزل‌آلای رنگین کمان یکی از پرمصرف‌ترین ماهیان پرورشی در کشور ایران می‌باشد که با توجه به تولید و مصرف بالای این ماهی انجام اقدامات لازم جهت حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آن ضرورت می‌یابد. به‌طورکلی در مطالعات انجام شده، تحقیقات اندکی در مورد اثر بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی نانوذره دی اکسید تیتانیوم بر ماندگاری محصولات غذایی به ویژه آبزیان انجام شده است، لذا این تحقیق به منظور بررسی تأثیر بسته‌بندی پلی اتیلن حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر خصوصیات کیفی و میزان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی شرایط نگهداری در یخچال انجام شد.

[1] *Penicillium expansum*

## مواد و روش‌ها

### تهیه فیلم‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم

گرانول‌های پلی اتیلن سبک (LF 0200) با شاخص جریان ذوبی از پتروشیمی بندر امام خمینی خریداری گردید. نانوذرات (فاز آناتاز با خلوص 99/5%، قطر 25-10 نانومتر) مورد استفاده در این تحقیق توسط شرکت پیشگامان نانومواد ایرانیان در مشهد تهیه شد. جهت تهیه فیلم مورد نظر ابتدا مستربچی از نانوذرات در بستر پلی‌اتیلن سبک توسط دستگاه اکسترودر دو مارپیچه مدل Brabender TSE 20 تهیه و سپس در اکسترودر تک مارپیچه (Venus Plastic Machinery Taiwan) رقیق و توسط فرایند فیلم دمشی به فیلم پلاستیکی تبدیل شد (Del Nobile *et al*, 2009).

### آماده‌سازی ماهی

در این پژوهش، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با وزن متوسط 450-300 گرم و با طول متوسط 32-30 سانتی‌متر از مرکز فروش ماهی زنده خریداری و بلافاصله با یخ‌گذاری (با استفاده از یخ پودر شده با نسبت 1 به 1) در مخازن عایق (یونولیت‌های با اندازه متوسط) به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. ماهی‌ها پس از شستشوی اولیه با آب شرب، سرزنی و تخلیه شکمی، فیله و مجددا شستشو شدند. تیمار شاهد و تیمار دیگر شامل فیله‌های بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن حاوی 1% نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بود که به روش معمولی بسته‌بندی گردیده هر بسته نانوکامپوزیتی شامل یک فیله و در تماس کامل با نانوکامپوزیت بوده، در نهایت هر دو تیمار به مدت 20 روز در یخچال نگهداری شدند.

### آزمون‌های میکروبی نمونه‌ها

برای آزمایش‌های میکروبی، 10 گرم از نمونه گوشت فیله در شرایط استریل با 90 میلی لیتر محلول نمک طعام 0/85% مخلوط و

هموژن شده و متعاقب آن رقت‌های مورد نیاز تهیه گردید. شمارش تعداد باکتری‌های کل و باکتری‌های سرمادوست در محیط کشت پلیت کانت آگار در 37 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 روز و در دمای 10 درجه سانتی‌گراد به مدت 7 روز با شمارش کلنی‌های موجود بر روی پلیت انجام گرفت. شمارش باکتری‌های اسیدلاکتیک و اینتروباکترها در محیط بی‌هوازی و به‌ترتیب در محیط کشت‌های ام آر اس- آگار[1] و وی آر بی جی-آگار[2] در دمای 30 درجه به مدت 2 تا 3 روز به روش پور پلیت انجام پذیرفت. تمامی گزارش‌ها به‌صورت log CFU/g گزارش گردید (Arashisara *et al*., 2004; Sallam, 2007; Hernandez *et al*., 2009).

### آزمون‌های شیمیایی نمونه‌ها

تعیین میزان TVB-N به‌روش (Pearson, 1997) انجام شد. 10 گرم نمونه چرخ شده ماهی در بالن شامل 2 گرم اکسید منیزیم و 300 میلی‌لیتر آب مقطر و سنگ جوش قرار داده شد. بخارهای تقطیر شده وارد محلول 2درصد اسید بوریک شامل چند قطره معرف متیل رد وبروموکرزول سبز شده و در پایان توسط اسید سولفوریک 0/1 نرمال (A) تیتر شد. مقدار مواد ازته فرار به‌صورت میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه ماهی بیان شد. اندازه‌گیری TBA به‌وسیله روش رنگ‌سنجی صورت گرفت. مقدار TBA بر حسب میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی محاسبه گردید (Egan *et al*., 1997). جهت اندازه‌گیری میزان پراکسید حدود 100 گرم نمونه گوشت ماهی با مقداری کلروفرم به مدت چند ساعت در تاریکی قرار گرفت. 25 میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده را در یک بشر خشک و وزن شده ریخته و کلروفرم زیر هود تبخیر شد. پس از خشک شدن نمونه در آون 105 درجه، 25 سی‌سی دیگر از این عصاره برداشته شده و با 37 سی‌سی اسید استیک مخلوط و سپس 0/5 سی‌سی از محلول یدید پتاسیم اشباع به آن اضافه گردید. پس از 1 دقیقه 30 سی سی آب مقطر و چند قطره معرف چسب نشاسته به آن اضافه شد و با تیوسولفات سدیم 0/01 نرمال تیتراسیون انجام گردید. مقدار پراکسید به‌صورت میلی‌اکی والان گرم در کیلوگرم چربی بیان شد (Pearson,1997).

### سنجش میزان pH

بدین منظور 5 گرم از نمونه به مدت 1 دقیقه با 45 میلی‌لیتر آب مقطر همگن شده و میزان pH آن با دستگاه pHمتر (Metrohm) اندازه‌گیری شد (Suvanich, 2000).

1 MRS-agar

2 VRBD-agar

### ارزیابی حسی

ارزیابی نمونه‌ها توسط 6 فرد ارزیاب نیمه آموزش دیده انجام گرفت. نمره‌دهی هر یک از ویژگی‌ها به‌صورت زیر انجام شد: بافت (5، بافت سفت؛ 4، بافت تا حدودی سفت؛ 3، تا حدودی له‌شدگی و نرم‌شدگی؛ 2، له‌شدگی شدید؛ 1، بافت خیلی نرم بوده و تقریبا حالت خمیری دارد)؛ رنگ (5، سفید و شفاف؛ 4، سفید اندکی مات؛ 3، تقریبا خاکستری با ظاهر غیرشفاف؛ 2، خاکستری مایل به زرد؛ 1، خاکستری تیره و کدر)؛ بو (5، کاملا مطبوع و ملایم؛ 4، بوی مشابه ماهی تازه؛ 3، بوی ماهی با اندکی بوی ترشیدگی؛ 2، بوی ترشیدگی کاملا محسوس و نامطبوع؛ 1، بوی تعفن و ترشیدگی شدید)؛ مقبولیت کلی (5، کاملا قابل قبول؛ 4، قابل قبول؛ 3، نامناسب برای مصرف؛ 2، نامقبول؛ 1، کاملا نامقبول) (Yongsheng, 2005).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

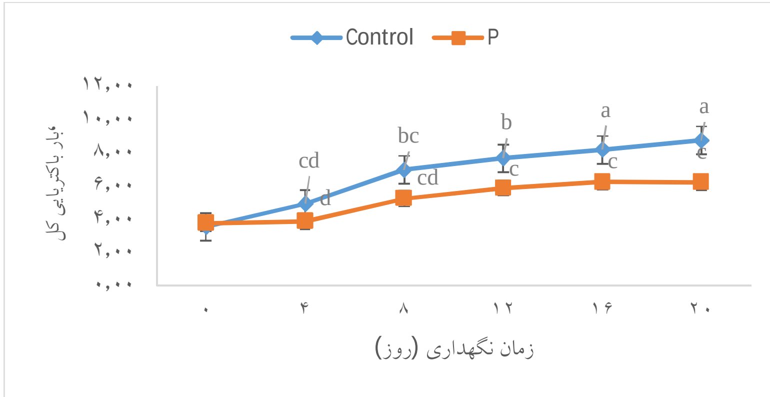
تجزیه وتحلیل نرم‌افزاری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری $SPSS_{16}$ انجام شد. به این ترتیب که پس از کنترل نورمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف از تجزیه واریانس دوطرفه در قالب طرح آماری فاکتوریل کاملا تصادفی استفاده گردید. در مواردی که تأثیر تیمارها معنی‌دار بود، برای مقایسه میانگین‌ها آزمون دانکن استفاده شد. اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال 5% در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات حسی نمونه‌ها از آزمون "کوروسکال والیس" و آزمون من ویتنی یو" برای پیدا نمودن اختلاف معنی‌دار در بین نتایج حاصل از آزمون‌های حسی تیمارهای مورد آزمایش استفاده گردید (Wheater& Cook, 2002).

## نتایج و بحث

### آنالیز میکروبی نمونه‌ها

### باکتری کل

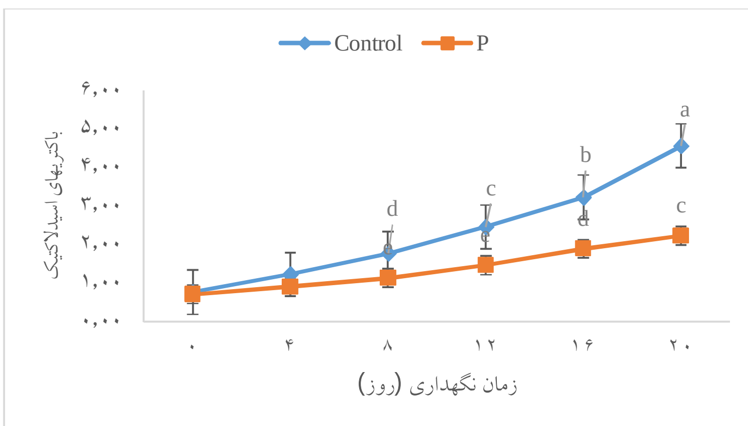
تغییرات میزان بار باکتریایی کل TVC طی نگهداری در یخچال در شکل1 نشان داده شده است. میزان اولیه این فاکتور در روز صفر نگهداری برای فیله شاهد و بسته‌بندی شده به‌ترتیب $\log_{10}$ CFU/g 3/54 و 3/75 بود. در طول دوره نگهداری میزان بار باکتریایی کل برای هر دو تیمار افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<0/05$) که پس از گذشت زمان در روز 12 نگهداری برای نمونه شاهد به $\log_{10}$ CFU/g 7/67 و در نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت در روز 20 نگهداری به 6/22 $\log_{10}$ CFU/g رسید، که کمتر از میزان مجاز توصیه شده برای ماهی خام (7 $\log_{10}$ CFU/g) است (Hubbs, 1991; Aubourg, 1993). با توجه به مطالعه حاضر دوره نگهداری فیله شاهد بر اساس بار باکتریایی کل 12-10 روز می‌باشد.




**شکل 1- میزان تغییرات بار باکتریایی کل در تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال بر حسب لگاریتم (log cfu/g) تعداد کلنی تشکیل شده در هر گرم بافت.**

**باکتری اسیدلاکتیک**

میزان باکتری‌های اسیدلاکتیک در ابتدای دوره نگهداری برای فیله‌های بدون بسته‌بندی نانو 0/77 و برای فیله‌های بسته‌بندی شده 0/71 بود، که این میزان برای هر دو تیمار طی دوره نگهداری افزایش معنی‌داری نشان داد (p<0/05). در پایان دوره نگهداری (روز 20) نیز میزان افزایش بار باکتریایی اسیدلاکتیک تفاوت معنی‌داری در هر دو تیمار نشان داد. باکتری‌های گرم مثبت در برابر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم حساسیت بیشتری نسبت به گرم منفی دارند. در پایان دوره نگهداری (روز20) بار باکتریایی اسیدلاکتیک در تیمار بسته‌بندی نانوکامپوزیت به میزان2/33 log cfu/g در مقایسه با شاهد کمتر بود.




**شکل 2- میزان تغییرات بار باکتریایی اسید لاکتیک در تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال بر حسب لگاریتم (log cfu/g) تعداد کلنی تشکیل شده در هر گرم بافت.**

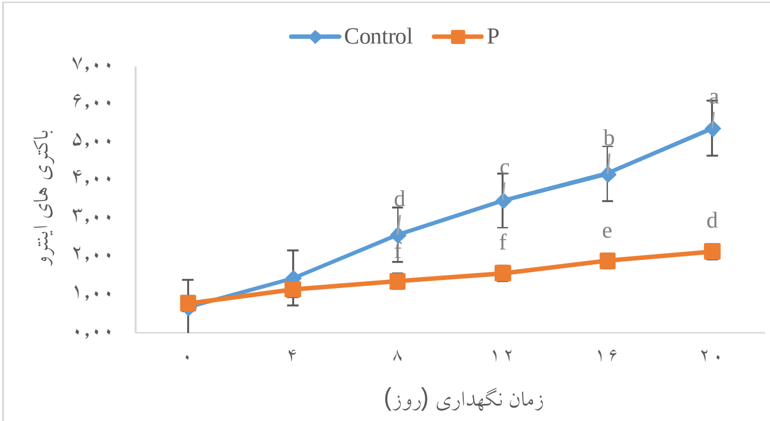
**اینتروباکترها**

میزان اینتروباکترها نیز با گذشت زمان نگهداری در هر دو تیمار افزایش یافت (شکل 3). تغییرات باکتری‌های اینترو طی زمان اختلاف معنی‌داری، در هر دو تیمار نشان داد. در پایان دوره نگهداری میزان باکتری‌های اینترو در نمونه با بسته‌بندی نانوکامپوزیتی در مقایسه با شاهد کمتر بود (p<0/05). به‌طور کلی رشد باکتری‌های اینترو در مقایسه با سایر باکتری‌های مورد بررسی در این مطالعه کمتر بود.

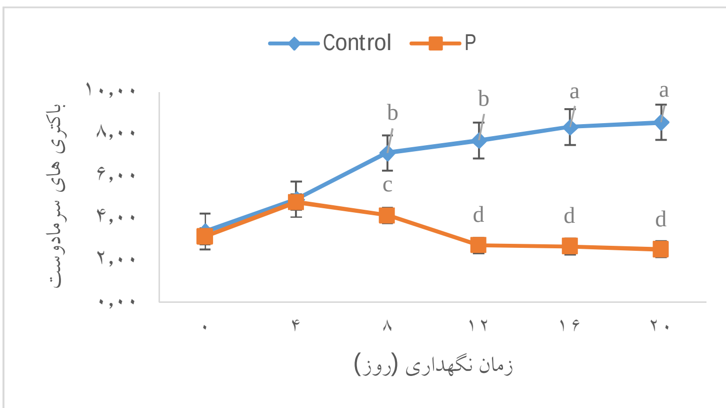
**باکتری سرمادوست**

تغییر در تعداد باکتری‌های سرمادوست فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی شرایط نگهداری در یخچال در شکل 4 نشان داده شده است. تعداد اولیه باکتری‌های سرمادوست برای فیله‌ها 3/36 log cfu/g بود که در تیمار شاهد، همانند سایر باکتری‌ها طی دوره نگهداری روند افزایشی نشان دادند. به‌طوری که در پایان دوره نگهداری برای نمونه شاهد به 8/55 رسید. روند تغییرات باکتری‌های سرمادوست در فیله‌های بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت تا روز 4

نگهداری به‌صورت افزایشی و پس از آن تا روز 15 نگهداری به‌صورت کاهشی بوده است. میزان بار باکتریـایی در روز 20 نگهـداری بـرای نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت به 2/51 log cfu/g رسید کـه در مقایسه با شاهد بسیار کمتر می‌باشد.




**شکل 3- میزان تغییرات اینتروباکترها در تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال بر حسب لگاریتم (log cfu/g) تعداد کلنی تشکیل شده در هر گرم بافت.**




**شکل 4- میزان تغییرات بار باکتری‌های سرمادوست تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال بر حسب لگاریتم (log cfu/g) تعداد کلنی تشکیل شده در هر گرم بافت.**

روند تغییرات میکروبی در فیله ماهی قـزل‌آلای رنگـین کمـان به‌صورت افزایشی بود، به‌جز در مورد باکتری‌های سرمادوست که در تیمار بسته‌بندی نانوکامپوزیت، تا روز 4 روند افزایشی و پس از آن تا پایان دوره به‌صورت کاهشی بوده است. بار باکتریایی ماهیان مختلف بسته به شرایط و دمای آب متغیر است. بار باکتریـایی ماهیـان آب شیرین حدود 6-2 log CFU/g گزارش شده اسـت (Gelman *et al*, 2001). در این تحقیق کیفیت اولیه به دلیل بار باکتریایی پایین (3/6 log CFU/g) مناسب بود. باکتری‌های سرمادوست گرم منفی عامل اصلی فساد ماهی نگهداری شده بـه‌صـورت سـرد مـی‌باشـند (Sallam, 2007). افزایش بار باکتریایی کل در گوشت ماهی طـی زمان نگهداری ثابت شده است (Lyon and Reddmann, 2000; Fan *et al*, 2008). اولین خاصیت ضدمیکروبی دی‌اکسید تیتانیوم با اثرکشندگی بر *اشرشیاکلی* انجام شد(Matsunaga *et al*, 1985). همچنین، مطالعات متعددی اثر ضـدباکتریایی نـانوذرات دی‌اکسـید تیتانیوم را به اثبات رسـانده‌انـد (Kuhn *et al*, 2003; Cho *et al*, 2004; 2008; Rahmani *et al*, Jeffery *et al*, 2009; Othman *et al*,2014). نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تحت تأثیر نور غنی از انرژی شده و الکترون تولید می‌کنند، این الکترون‌ها به سطح انتقال یافته و در واکـنش بـا ملکـول‌هـای جـذب شـده منجـر بـه تولیـد رادیکـال‌هـای فعـال مـی‌شـود. رادیکـال‌هـای فعـال بانـدهای کربن- هیدروژن را اکسید کرده و منجر به تجزیه ملکول‌هـای آلـی مـی‌گردنـد (Hoffmann *et al*, 1995; Yu *et al*, 2003; Palza, 2015). فعالیت فوتوکاتالیتی دی اکسید تیتـانیوم منجـر بـه تولیـد

رادیکال‌های هیدروکسیل و گونه‌های فعال اکسیژن در سطح می‌شود که به اکسید کردن فسفولیپید غشای سلول باکتری می‌پردازد. افزودن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به فیلم‌های پلی‌اتیلن منجر به ایجاد خواص ضدباکتریایی در فیلم تولیدی می‌شود، به‌طوری‌که با استفاده از نانوکامپوزیت‌های حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم از رشد باکتری‌های سودوموناس جلوگیری به‌عمل آمد (Bodaghi *et al*, 2013). در تحقیق حاضر نیز نانوکامپوزیت‌های حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم منجر به کاهش باکتری‌های کل و سرمادوست فیله ماهی در مقایسه با تیمار شاهد شدند و میزان باکتری‌های سرمادوست در مقایسه با شاهد در روز 20 نگهداری بسیار پایین‌تر بود که با نتایج سایر محققین در زمینه اثبات اثر ضدباکتریایی دی‌اکسید تیتانیوم و نانوکامپوزیت‌های حاوی نانوذره دی اکسید تیتانیوم مطابقت دارد (Kim *et al*, 2003; Guimaraes and Barretto, 2003; Metak, 2015). باکتری‌های اسیدلاکتیک گروه دیگری از باکتری‌های عامل فساد ماهی می‌باشند. باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با گرم منفی در برابر عوامل ضدباکتریایی مقاومت کمتری دارند که دلیل این امر عدم وجود دیواره پلی‌ساکاریدی در باکتری‌های گرم مثبت عنوان شده است که در مورد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم نیز اثر بیشتر بر باکتری گرم مثبت نسبت به گرم منفی به اثبات رسیده است (Chai *et al*, 2000 Xing Yu, 2000; Chawengkijwanich and Hayata, 2008; *et al*, 2012;). در تیمار نانوکامپوزیت به دلیل حضور نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم این باکتری‌ها رشد بسیار کمتری در مقایسه با تیمار شاهد از خود نشان دادند در حالیکه در pH پایین توانایی رشد بیشتری داشتند، اما نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم مانع از این امر شدند. نتایج ما در مورد اثر ضدباکتریایی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بر باکتری‌های اسیدلاکتیک با Liu and Yang (2003) که باکتری گونه *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*[1] را مورد بررسی قرار دادند سازگار می‌باشد. اینتروباکترها نیز همانند باکتری‌های اسیدلاکتیک از جمله باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری هستند که در فساد ماهی مؤثرند. اینتروباکترها در مراحل پایانی نگهداری در یخچال شناسایی می‌شوند. با گذشت زمان نگهداری تعداد این باکتری‌ها نیز در هر دو تیمار افزایش یافت. در روز پایانی نگهداری تعداد باکتری‌های اینترو در نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت در مقایسه با شاهد کمتر بود ($p<0/05$). سرعت رشد اینتروباکترها از دیگر باکتری‌های گرم منفی کمتر می‌باشد (Chytiri *et* Papadopoulos *et al*, 2003; *al*, 2004; Sallam, 2007). در تحقیق Xing و همکاران (2012) اثر ضدباکتریایی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر اینتروباکترها مورد بررسی قرار داده شد که نتایج ما با این مطالعه در توافق می‌باشد.

تحقیقات متعدد خصوصیات ضدباکتریایی فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به تنهایی بدون استفاده در فیلم‌های بسته‌بندی را اثبات کرده‌اند (Rincon and Pulgarin, 2004; Cheng *et al*, 2006; Liu *et al*, 2011). در تحقیق انجام شده توسط Erkan و همکاران (2006) اثر ضدباکتریایی فیلم‌های نازک حاوی نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم و دی‌اکسید قلع بررسی شد. نتایج نشان داد نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم به تنهایی و نیز در کنار سایر نانوذرات اثر ضدباکتریایی خود را ایفا می‌کنند. در تحقیقی فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم منجر به کاهش 3 log CFU/g باکتری *اشرشیا کلی* شدند (Chawengkijwanich and Hayata, 2008). رادیکال‌های هیدروکسیل و گونه‌های فعال اکسیژن موجود در فیلم‌های نانوکامپوزیتی، که در نتیجه فعالیت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ایجاد شده‌اند، نقش مهمی در غیرفعال‌سازی باکتری‌ها ایفا می‌کنند. (Saito *et al*, 1992). شاید یکی از دلایل اثر ضدباکتریایی نانوکامپوزیت‌ها را بتوان به کاهش pH نمونه‌های بسته‌بندی شده مرتبط دانست. کاهش pH به افزایش نسبت ملکول‌های بدون بار منجر شده و ممکن است امکان تماس با دیواره سلولی باکتری را برای ترکیبات رادیکالی بیشتر کند. مقاومت باکتری‌ها در برابر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به نوع آن‌ها نیز وابسته می‌باشد، که به دلیل ضخامت متفاوت دیواره سلولی و طبیعت ترکیبات غیراشباع فسفولیپیدی میکروب‌ها ممکن است تغییر کند (Chawengkijwanich and Hayata, 2008; Kubaka *et al*, 2009).

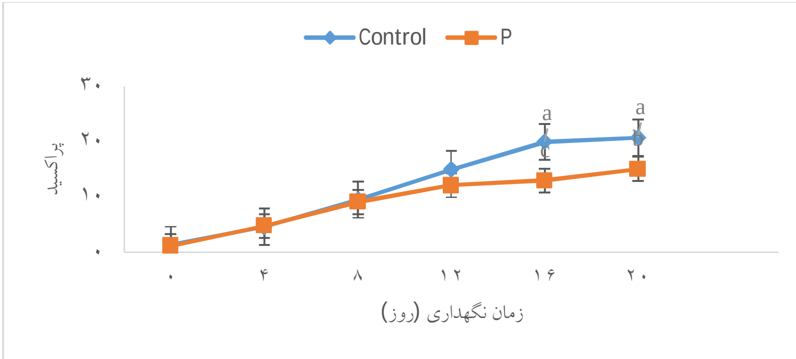
## مقادیر پراکسید

میزان پراکسید در مطالعه ما طی دوره نگهداری روند افزایشی از خود نشان داد ($p<0/05$). مقدار اولیه این شاخص در هر دو تیمار 1/33 meq/kg بود، که در پایان دوره نگهداری نمونه شاهد در مقایسه با نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت مقدار پراکسید بیشتری را شامل می‌شد. در این تحقیق شاخص پراکسید نمونه شاهد در روزهای پایانی نگهداری به حد غیرقابل مجاز رسید و نمونه بسته‌بندی همچنان در حد قابل مجاز باقی ماند.

PV شاخصی برای اندازه‌گیری اکسیداسیون اولیه ماهی است که ترکیبات حاصل از اکسیداسیون اولیه (هیدروپراکسیدها) ناپایدارند و نقشی در تغییر طعم و بوی ماهی ندارند، بنابراین از سوی مصرف‌کننده قابل تشخیص نمی‌باشند. اما همین ترکیبات می‌توانند به ترکیبات ثانویه مثل آلدئید و کتون شده و سبب تشخیص تندشدن اکسیداسیونی در چربی شوند (Ozyurt *et al*, 2004). نتایج مربوط به شاخص پراکسید در نمودار 5 نشان داده شده است. همانطور که

---
1 Lactobacillus helveticus

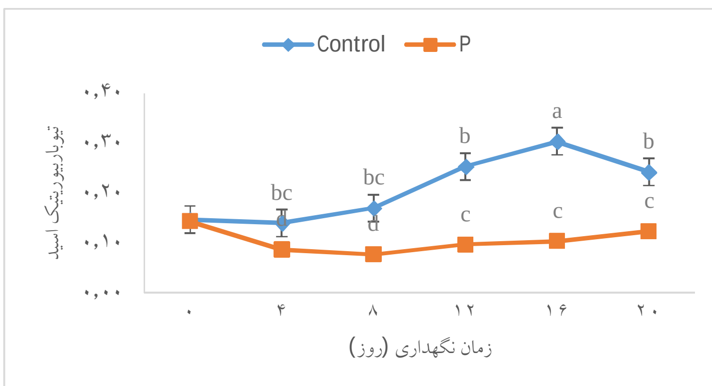
مشاهده می‌گردد روند تغییرات PV در هر دو تیمار به‌صورت افزایشی بوده است و میزان PV در نمونه بسته‌بندی شده کمتر از شاهد بود. اکسیداسیون چربی‌ها به ترکیب رادیکال‌های آزاد و اکسیژن و تشکیل هیدروپراکسید نسبت داده می‌شود. نتایج ما با نتایج بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در مطالعه بادام همخوانی دارد (نصیری و همکاران، 2012).




**شکل 5- تغییرات PV تیمارهای مختلف طی شرایط نگهداری در دمای یخچال**

**مقادیر تیوباربیوریتیک اسید**

شکل 6 میزان تغییرات TBA را طی نگهداری در یخچال در دو تیمار شاهد و بسته‌بندی نشان می‌دهد. میزان اولیه TBA در هر دو تیمار 0/14 mg MDA/kg بود. مقدار TBA طی دوره نگهداری در تیمار شاهد روند افزایشی نشان داد (p<0/05) و در تیمار بسته‌بندی نوساناتی مشاهده شد. در تیمار بسته‌بندی تا روز 12 نگهداری میزان TBA از مقدار اولیه (روز صفر) به‌صورت کاهشی و پس از روز 12 روند افزایشی تا پایان دوره نگهداری (روز 20) از خود نشان داد. مقدار نهایی TBA برای نمونه شاهد به 0/24 mg MDA/kg و در نمونه بسته‌بندی به0/12 mg MDA/kg رسید.

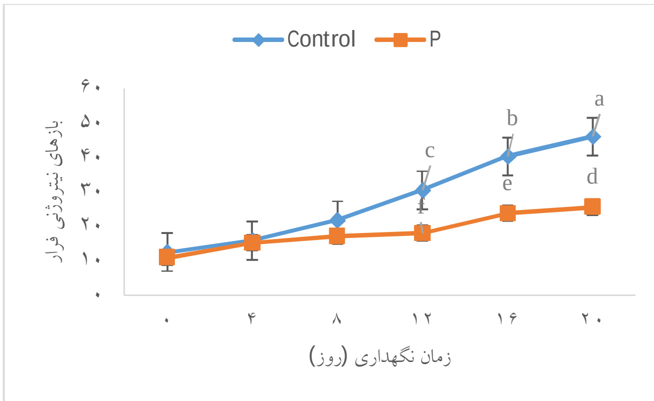



**شکل 6- تغییرات TBA(mgMDA/kg) تیمارهای مختلف طی شرایط نگهداری در دمای یخچال**

شاخص TBA مربوط به اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدهید است که محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیراشباع است. پس از شکستن هیدروپراکسیدها محصولاتی نظیر آلدهیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، استرها، هیدروکربن‌ها، فوران‌ها و لاکتون‌ها ایجاد می‌شود (Bremner, 2002). نتایج این پژوهش نشان داد که طی زمان نگهداری میزان TBA در تیمار شاهد تا روز 16نگهداری به‌صورت افزایشی و از روز 16 تا 20 نگهداری روند کاهشی را دنبال کرد. مقدار TBA در نمونه بسته‌بندی شده از روز 0 تا روز 12 نگهداری به‌صورت کاهشی و پس از آن تا روز 20 نگهداری افزایشی بوده است. ممکن است به دلیل واکنش مالون آلدهید با آمین‌ها، فسفولیپیدها، پروتئین‌ها و سایر آلدهیدهایی که محصولات نهایی اکسیداسیون چربی هستند مقدار TBA کمتر از مقدار واقعی نشان داده شود (Aubourg, 1993). اثر تیمار بسته‌بندی بر میزان TBA معنی‌دار نبود اما اثر زمان بر میزان TBA معنی‌دار شد. اکسیداسیون چربی‌ها مربوط به اکسید شدن اسیدهای چرب چندغیراشباعی در عضلات ماهی می‌باشد.

### مقادیر مجموع بازهای نیتروژنی فرار

مقادیر TVN تیمار شاهد و بسته‌بندی طی نگهداری در یخچال در شکل 7 نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با گذشت زمان در هر دو تیمار میزان TVN افزایش یافت. تیمار شاهد میزان TVN بیشتری در مقایسه با بسته‌بندی داشت ($p<0/05$). در انتهای دوره نگهداری (روز 20) بیشترین میزان TVN برای تیمار شاهد 13/46 و برای تیمار بسته‌بندی 61/25 به دست آمد. بالاترین سطح قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت ماهی را 25 میلی‌گرم نیتروژن به ازای 100 گرم پیشنهاد نموده‌اند مقدار TVN نمونه شاهد در روز 8 نگهداری و نمونه بسته‌بندی شده در روز 20 نگهداری به حد غیر قابل قبول رسید.




**شکل 7- تغییرات TVB-N تیمارهای مختلف طی شرایط نگهداری در دمای یخچال**

میزان TVN به میزان بار باکتریایی و در نتیجه فعالیت باکتریایی و آنزیمی وابسته است. تخریب بافت ماهی یک فعالیت پروتئولیتیک است که اکثرا توسط باکتری‌ها و به میزان کمی هم توسط آنزیم‌های اتولیتیک انجام می‌شود (Ocano-Higuera *et al*, 2009). حد مجاز قابل قبول بازهای نیتروژنی فرار در گوشت ماهی همانطور که اشاره شد 25 میلی‌گرم نیتروژن به ازای 100 گرم می‌باشد (Gimenez *et al*, 2002). همانطور که در نمودارهای مربوط به بار باکتریایی و TVN مشاهده شد افزایش بار باکتریایی و افزایش میزان TVN در هر دو تیمار مشاهده شد. در تیمار نانوکامپوزیت میزان بار باکتریایی در مقایسه با شاهد کمتر بود و میزان TVN نیز به مراتب کمتر بود. میزان TVN تیمار نانوکامپوزیت تا روز 16 نگهداری در حد مجاز باقی ماند. نتایج ما با نتایج اجاق و همکاران (2013) در بررسی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پوشش داده شده با کیتوزان و اسانس دارچین همخوانی داشت.

### تغییرات pH

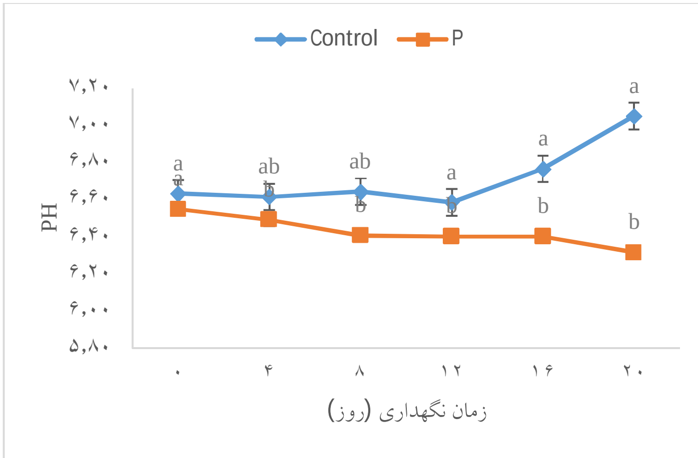
تغییرات pH تیمارها در شکل 8 نشان داده شده است. میزان اولیه این فاکتور در روز اول نگهداری برای هر دو تیمار یکسان است. میزان pH ماهی زنده نزدیک به 7 می‌باشد. با گذشت زمان در تیمار شاهد میزان pH افزایش یافته و از مقدار 6/63 در روز صفر نگهداری به 7/04 در روز 20 نگهداری رسید. در حالیکه مقدار در تیمار بسته‌بندی طی زمان نگهداری کاهش یافت و از 6/54 به 6/31 رسید. بین دو تیمار اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$).

کاهش pH طی دوره نگهداری در تیمار نانوکامپوزیت ممکن است به دلیل تولید دی‌اکسیدکربن و تجزیه مواد آلی توسط نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم اتفاق افتاده باشد. طبق بررسی‌های انجام شده تاکنون مطالعه مشابهی با تعیین اثر بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در گوشت ماهی صورت نگرفته است. افزایش pH در نمونه شاهد را می‌توان به افزایش تولید بازهای فرار مثل آمونیاک و تری‌متیل‌آمین و فعالیت‌های آنزیمی باکتری‌ها و آنزیم‌های درونی نسبت داد (Fan *et al*, Kostaki *et al*, 2009; 2009). همانطور که بیان شد در نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت میزان بار باکتریایی کمتر بوده و در نتیجه فعالیت آنزیمی باکتری‌ها کمتر می‌شود که این پدیده نیز می‌تواند در کاهش pHمؤثر بوده باشد. کمتر بودن میزان pH در بسته‌بندی ضدباکتریایی در مقایسه با نمونه شاهد با مطالعه بررسی اثر پوشش ضدمیکروبی کاراجینان بر قزل‌آلای رنگین کمان همخوانی داشت (Volpe *et al*, 2015).

### ارزیابی حسی نمونه‌ها

ارزیابی حسی تیمارها با سه مشخصه رنگ، بو، بافت و تعیین

میزان پذیرش کلی نمونه‌ها انجام گرفت. بر اساس نتـایج بـه‌دسـت آمده در این تحقیق امتیاز رنگ، بو و بافت در تیمار شـاهد از روز 8 نگهداری به کمتر از 4 یعنی حد غیرقابل قبول مصارف انسانی رسید. در نمونه بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت، تا روز 16 نگهداری امتیاز بو و بافت کمتر از حد بحرانی بود، در حالیکه امتیاز رنگ در روز 16 نگهداری به 3/33 رسید و تنها تا روز 12 نگهداری قابل قبول بـود. نتایج مربوط به امتیاز رنگ، بو، بافت و پذیرش کلـی بـه‌ترتیـب در شکل‌های 9، 10، 11 و 12 نشان داده شده است.




**شکل 8- تغییرات pH تیمارهای مختلف طی شرایط نگهداری در دمای یخچال**

**جدول 1- روند تغییر امتیاز حسی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی شرایط نگهداری در یخچال**

| شاخص حسی | تیمار | روز نگهداری | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| رنگ | شاهد | 5/00±0/0[a] | 4/34± 0/48[c] | 3/34±0/48[c] | 1/65±0/48[c] | 1/00±0/00[c] | 1/00±0/00[c] |
| | بسته | 5/00±0/0[a] | 4/91±0/55[a] | 4/66±0/55[a] | 4/40±0/55[a] | 3/33±0/55[b] | 2/33±0/55[b] |
| بو | شاهد | 5/00±0/0[a] | 4/75±0/48[ab] | 3/20±0/45[c] | 2/80±0/84[c] | 2/40±0/55[bc] | 1/31±0/47[c] |
| | بسته | 5/00±0/0[a] | 4/40±0/55[ab] | 4/75±0/45[a] | 4/66±0/45[a] | 4/33±0/45[a] | 3/31±0/96[a] |
| بافت | شاهد | 5/00±0/0[a] | 5/00±0/00[a] | 3/20±0/71[c] | 2/60±0/55[c] | 1/60±0/55[c] | 1/17 ±0/38[c] |
| | بسته | 5/00±0/0[a] | 5/00±0/0[a] | 5/00±0/45[a] | 4/33±0/45[b] | 4/33±0/55[a] | 3/34±0/51[a] |
| پذیرش کلی | شاهد | 5/00±0/0[a] | 4/80±0/45[ab] | 3/40±0/45[b] | 3/00±0/00[b] | 2/40±0/55[c] | 1/16±0/48[c] |
| | بسته | 5/00±0/0[a] | 4/40±0/45[ab] | 4/60±0/00[ab] | 4/33±0/55[b] | 4/00 ±0/55[a] | 3/31±0/96[a] |

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج ارائه شده در این تحقیق نشان داد استفاده از بسـته‌بنـدی نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم می‌تواند منجـر بـه حفظ کیفیت و افزایش مدت زمان ماندگاری فیله مـاهی قـزل‌آلای رنگین کمان گردد. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در بسته‌بندی قادر به کاهش بـار باکتریـایی سـطحی فیلـه مـاهی شـده و بسـته‌بنـدی نانوکامپوزیتی توانست مدت زمان ماندگاری را تا روز 16 نگهداری، با توجه به ارزیابی حسی، افزایش دهد.

## منابع

Aubourg, S. 1993. Review: interaction of malondialdehyde with biological moleculesnew trends about reactivity and significance.*International Journal Food Science Technology*. 28: 323–335.

Arashisara, S., Hisara, O., Kayab, M. & Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets, *International Journal of Food Microbiology* 97, 209– 214.

Azeredo, H. 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International*, 42: 1240–1253.

Bodaghi, H., Mostofi, Y., Oromiehie, A., Zamani, Z., Ghanbarzadeh, B., Costa, C., Conte, A. & Nobile, M. A. 2013. Evaluation of the photocatalytic antimicrobial effects of a $TiO_2$ nanocomposite food packaging film by in vitro and in vivo tests. LWT - *Food Science and Technology*, 50, 702-706.

Bonetta, S. Bonetta, S. Motta, F. Strini, A. & Carraro, E. 2013 "Photocatalytic bacterial inactivation by $TiO_2$-coated surfaces," *AMB Express*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8.

Bott, J. Stormer, A. & Franz, R. 2014. A comprehensive study into the migration potential of nanoparticles from plastics nanocomposites for food contact. *Food packaging and shelflife*, 2: 73 – 80.

Bremner, H. A. 2002. Safety and quality issues infish processing. CRC Press, Denmark, 519p.

Cerrada, M. L. Serrano, C. Sanchez-Chaves, M. Fernandez-Garcia, M. Fernandez-Martin, F. Andres, A. Rioboo, R. J. J. Kubacka, A. Ferrer, M. & Fernandez-Garcia, M. 2008. Self-sterilized EVOH-$TiO_2$ nanocomposites: interface effects on biocidal properties. *Adv Funct Mater*,18:1949–60.

Chai, Y. S. Lee, J. C. & Kim, B. W. 2000. Photocatalytic disinfection of *E.coli* in a suspended $TiO_2$/UV reactor. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 17(6), 633-637.

Chawengkijwanich, C. & Hayata, Y. 2008. Development of TiO2 powder-coated food packaging film and its ability to inactivate Escherichia coli in vitro and in actual tests. *International Journal of Food Microbiology*, 123, 288-292.

Cheng, Q. Li, C. Pavlinek, V. Saha, P. & Wang, H. 2006. Surfacemodified antibacterial $TiO_2$/Agþ nanoparticles: preparation and properties. Applied Surface Science, 252, 4154-4160.

Cho, M. Chung, H. Choi, W. & Yoon, J. 2004. Linear correlation between inactivation of E. coli and OH radical concentration in TiO2 photocatalytic disinfection. *Water Research*, 38(4), 1069-1077.

Church, N. 1998. MAP fish and crustaceans—sensory enhancement. *Food Science Technology* Today 12(2):73–83.

Chytiri. S., Chouliara I., Savvaidis I. N., Kontominas, M. G. 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21:157–65.

Del Nobile, M. A., Conte, A., Buonocore, G. G., Incoronato, A. L., Massaro, A. & Panza, O. 2009. Active packaging by extrusion processing of recyclable and biodegradable polymers. *Journal of Food Engineering*, 93, 1–6.

Erkan, A., Bakir, U. & Karakas, G. 2006. Photocatalytic microbial inactivation over Pd doped SnO2 and $TiO_2$ thin films. Journal of Photochemistry and Photobiology A: *Chemistry*, 184(3),313-321.

Fan, W., Chi, Y. & Zhang, S. 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice, *Food Chemistry* 108, 148–153.

Gelman, A., Glatman, L., Drabkin, V. & Harpaz, S. 2001. Effects of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised freshwater fish, silver perch (*Bidyanus bidyanus*), *Journal of Food Protection*, 64, 1584–1591.

Gimenez, B., Roncales, P. & Beltran, J.A. 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal Science Food Agriculture*, 84: 1154-9.

Gomes, H. D. A., Silva, E. N. D., Nascimento, M. R. L. D. & Fukuma, H. T. 2003. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chemistry*, 80(3), 433-437.

Goulas, A. E. & Kontominas, M. G. 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 100, 287-296.

Guimaraes, J. R. & Barretto, A. S. 2003. Photocatalytic inactivation of Clostridium perfringens and Coliphages in water. *Brazilian Journal of Chemical of Engineering*, 20(4), 403-411.

Hernandez, M. D. Lopez, M.B. Alvarez, A. Ferrandini, E. Garcia Garcia, B. & Garrido, M. D. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage, *Food Chemistry* 114, 237–245.

Hoffmann, M. R. Martin, S. T. Choi, W. & Bahnemann, D. W. 1995. Environmental applications of semiconductor photocatalysis. *Chemical Reviews*, 95(1), 69-96.

Hubbs, J. 1991. Fish: microbiological spoilage and safety. Food Science Technology, 5:166-173.

Huss, H. H. 1995. Quality and quality changes in freshwater fish. Rome, Italy: FAO.

Kim, B. Kim, D. Cho, D. & Cho, S. 2003. Bactericidal effect of TiO2 photocatalyst on selected food-borne pathogenic bacteria. Chemosphere, 52(1), 277-281.

Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N. & Kontominas, M. G. 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26: 475-82.

Kubacka, A., Serrano, C., Ferrer, M., Lunsdorf, H., Bielecki, P., Cerrada, M. L., Fernandez-Garcia, M., Fernandez-Garcia, M. 2007. High-performance dualaction polymer–$TiO_2$ nanocomposite films via melting processing. Nano Lett, 7:2529–34.

Kuhn, K. P., Chaberny, I. F., Massholder, K., Stickler, M., Benz, V. W., Sonntag, H. G. & Erdinger. L. 2003. Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light. *Chemosphere*, 53(1), 71-77.

Lin, Q. B., Li, H., Zhong, H. N., Zhao, Q., Xiao, D. H. & Wang, Z. W. 2014. Migration of Ti from nano-TiO2-polyethylene composite packaging into food simulants. Food Additives & Contaminants Vol. 31, No. 7, 1284–1290.

Liu, H. L. & Yang, T. C. K. 2003. Photocatalytic inactivation of *Escherichia coli* and *Lactobacillus helveticus* by ZnO and $TiO_2$ activated with ultraviolet light. *Process*

Lorens, A., Lloret, E., Picouet, P. A., Trbojevich, R. & Fernandez, A. 2011. Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. *Trend Food Science Technology*. 24:1–11.

Lyon, W. J., & Reddmann, C. S. 2000. Bacteria associated with processed crawfish and potential toxin production by *Clostridium botulinum* type E in vacuum packaged and aerobically packaged crawfish tails, *Journal of Food Protection*, 63(12), 1687–1696.

Manangan, T., Shawaphun, S., Sangsansiri, D., Changcharoen, J. & Wacharawichanant, S. 2010. Nano-Sized Titanium Dioxides as Photo-Catalysts in Degradation of Polyethylene and Polypropylene Packagings. Science Journal Ubon Ratchathani University, 1: 14-20.

Marsh, K. & Bugusu, B. 2007. Food packaging—roles, materials, and environmental issue. *Journal of food science*, 72(3), 39–55.

Matsunaga, T., Tomada, R., Nakajima, T. & Wake, H. 1985. Photochemical sterilization of microbial cells by semiconductor powders. *FEMS Microbiology Letters*, 29(1-2), 211-214.

Metak, A. M. 2015. Effects of Nanocomposite Based Nano-Silver and Nano-Titanium Dioxideon Food Packaging Materials. International Journal of Applied Science and Technology. *International Journal of Applied Science and Technology* Vol. 5, No. 2, 26-40.

Nasiri, A., Shariaty-Niasar M. & Akbari, Z.2012. Synthesis of LDPE/Nano TiO2 Nanocomposite for Packaging Applications. International Journal Nanoscience. Nanotechnol., Vol. 8, No. 3, pp. 165-170.

Natseba, A., Lwalinda, I., Kakura, E., Muyanja, C. K. & Muyonga, J. H. 2005. Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Research International*. 38: 469-474.

Ocano-Higuera, V. M., Marquez-Ríos, E., Canizales- Davila, M. & Castillo-Yáñez, F. J. Pacheco-Aguilar, R. Lugo-Sanchez, M. E. Garcia-Sanchez. G, Marquez-Ríos. E, Gomez-Jimenez. S. and Pacheco-Aguilar, R. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chemistry*;116: 933-8.

Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H. & Hosseini, S. M. H.2012. Effect of antimicrobial coating on shelf-life extension of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *JFST* No. 34, Vol. 9, 13-23.

Othman S.H., Salam N. R. A., Zianal, Basha, R.K. & Talib, R.A. 2014. Antimicrobial Activity of $Tio_2$ Nanoparticle-Coated Film for Potential Food Packaging Applications. *International Journal of Photoenergy*, 1-6.

Ozyurt, G. Polat, A. & Tokur B. 2004. Chemical and sensory changes in frozen (-18 ºC) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *Journal of Food Science Technology*, 42: 887-93.

Palza, H. 2015. Antimicrobial Polymers with Metal Nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 2099-2116.

Panea, B., Ripoll, G., Gonzalez, J., Fernández-Cuello, A. & Albertí, P. 2014. Effect of nanocomposite packaging containing different proportions of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. *Journal of Food Engineering* 123:104–112.

Papadopoulos, V., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I. N. & Kontominas, M. G. 2003. Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Food Microbiology, 20, 411–420.

Pearson, D. 1997. Laboratory technic in food analysis. Butter Worth. London, UK. pp. 256-270. Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork, *Package Technology Science*.19, 149–157.

Rahmani, A. R., Samadi, M. T. & Enayati Moafagh, A. 2008. Investigation of photocatalytic degradation of phenol by UV/TiO2 process in aquatic solutions.*Journal of Health Research*, 8(2), 55-60.

Rincon, A. & Pulgarin, C. 2004. Field solar E. coli inactivation in the absence and presence of TiO2: is UV solar dose an appropriate parameter for standardization of water solar disinfection*? Solar Energy*, 77, 635-648.

Saito, T., Iwase, T. & Morioka, T. 1992. Mode of photocatalytic bactericidal action of powdered semiconductor $TiO_2$ on mutants streptococci. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 14(4), 369-379.

Sallam, I. K. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon, *Food Control* 18, 566–575.

Savvaidis, I. N., Skandamis, P.N., Riganakos, K.A., Panagiotakis, N. & Kontominas, M.G. 2002. Control of natural microbial flora and *Listeria monocytogenes* in vacuum-packaged trout at 4 and 10˚C using irradiation, *Journal. Food Protection*. 65,515–522.

Suvanich, V., Jahncke, M. L. & Marshal, D. L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Food Chemistry and Toxicology*65:24-29.

Volpe, M.G., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M. & Varricchio. E. (2015). Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*Oncorhynchusmykiss*) fillet. LWT - *Food Science and Technology* 60, 615-622 Contents.

Yingyuad, S., Ruams, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai S. & Siripatrawan, U. 2006. Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork, *Package Technology Science*, 19, 149–157.

Yongsheng, C., John, C. & Crittenden, A. 2005. Preparation of a novel $TiO_2$ based p-njanction nanotube photocatalyst. *Enviroment Science technology*, 39: 1201-1208.

Yu, J. G., Yu, H. G., Cheng, B., Zhao, X. J., Yu, J. C. & Ho, W. K. 2003. The effect of calcination temperature on the surface microstructure and photocatalytic activity of TiO2 thin films prepared by liquid phase deposition. *Journal of Physical Chemistry* B, 107(50), 13871-13879.

Yu, B., Leung, K. M., Guo, Q., Lau, W. M. & Yang, J. 2011. Synthesis of Age$TiO_2$ composite nano thin film for antimicrobial application. *Nanotechnology*, 22, 115603 (9 pp).

Wheater, C. P. & Cook, P. A. 2002. Using Statistics to Understand the Environment. Routledge Publication, 245pp.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 132- 144

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص.144-132

# Effect of Tio$_2$ nanocomposite on, sensory, microbial and chemical properties of refrigerated rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*)

**Z. H. Noori[1], B. Shabanpour*[2], H. Azizi[3], S. M. Ojagh[4], A. Alishahi[5]**

Received: 2016.10.25
Accepted: 2017.04.15

**Introduction:** The importance of maintenance and supply fresh fish instead of frozen due to the consumers interested in fresh fish is highly regarded. Titanium dioxide is a non-toxic nanoparticle that the American Food and Drug Administration approve its using at levels that are in contact with food. The antimicrobial and anti-fungal effects of this nanoparticle have been proven in a wide range of microorganisms (Saito *et al*, 1999).The use of titanium dioxide nanoparticles in polyethylene and polypropylene coatings has been investigated. The results showed that this nanoparticle, in addition to reducing the oxidation content of the package, could be effective in reducing silicone recovery of polyethylene and polypropylene in nature (Manangan *et al*, 2010). Rainbow trout is one of the most widely consumed breeding fish in Iran. Due to the high production and consumption of this fish, it is vital to take the necessary measures to maintain quality and increase its shelf-life. Therefore, this research was conducted to investigate the effect of titanium dioxide nanoparticle polyethylene packaging on quality and shelf-life of rainbow trout fillets during storage in a refrigerator.

**Material and methods:** Chemical (Peroxide value (PV) (Pearson,1997)., Tiobarbioritic acid (TBA) (Egan *et al*., 1997), total volatile basic-nitrogen (TVB-N) (Pearson, 1997), pH), microbial (Total viable, Total viable counts, psychrophilic counts, lactic acid bacteria and Enterobacteriaceae) and Sensory analysis of samples was calculated and determined. The results of ANOVA using SPSS 16 software analysis and comparison of data using Duncan's multiple range test was 0.05 Sensory evaluation and analysis of non-parametric Mann-Whitney U test was used to test.

**Result and Discussion:** The process of microbial changes in the rainbow trout fillet was increased, except for the psychrophilic bacteria that were in the packaged nanocomposite treatment until the 4th day of the growing trend and then until the end of the period was reduced. Nanocomposites containing titanium dioxide containing nanoparticles prevent the growth of pseudomonas. (Bodaghi *et al*, 2013).The total amount of all chemical factors during the storage period showed an increasing trend in both treatments except for the factor observed in the packed sample. The results showed that in the control sample, the sensitivity rating on the day 8 was kept to a limit of less than 4, while in the sample packed with the nanocomposite until the 16th day, the points were less than the limit and the color score on day 12 Limiting receipts. Fat oxidation and microbial decomposition, and the production of esophagus combustion agents and fish tissue were changed. The antioxidant and antimicrobial effects of the packaged sample resulted in prolonging the shelf life and maintaining the quality of the fillets until the 16th day. Sensory, chemical and microbiological analysis results showed that the rainbow trout shelf life in nanocomposite packaging is suitable for 16-18 days.

**Keywords:** Nano- packaging, Low density polyethylen, Tio$_2$ nanoparticles, shelflife, Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

---

1, 2, 4 and 5. Ph. D. Student, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Fisheries, University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Polymer engineering, Iran Polymer and Petrochemical Institute (IPPI), P.O. Box: 14965/115, Tehran, Iran
(*Corresponding Author Email: b_shabanpour@yahoo.com)